

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04684

研究課題名（和文）廃シロップを用いたセメント系改良土の六価クロムの無害化と強度向上に関する研究

研究課題名（英文）Study on Detoxification of Hexavalent Chromium and Strength Enhancement in Cementitious Soil Using Waste Syrup

研究代表者

吉田 秀典（YOSHIDA, HIDENORI）

香川大学・創造工学部・教授

研究者番号：80265470

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、廃シロップの添加によるセメント改良土の強度向上のメカニズムを明らかにすることを目的として一軸圧縮試験および六価クロム溶出試験を実施した。

まず、廃シロップが有する粘性と糖の結晶析出防止作用が改良土の特性に与える影響を検証した。その結果、粘性は改良土の強度向上に関与していないことが、また、廃シロップが有する結晶化防止作用が、改良土の強度増進に関与していることが示唆された。

次に、改良土の六価クロム溶出特性を把握するために、六価クロム溶出試験を行った。廃シロップには複数の糖類が含まれており、それらの複合的な効果によって高い還元性を示している可能性があることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

六価クロムの規制が強まることを受け、今後、六価クロムの無害化は喫緊の課題となる。そうした中で、六価クロムの無害化について、低コストと強度の両者を満たすことが望まれていることから、本研究の成果は、廃シロップという低コストな廃棄物で六価クロムを無害化できるという点で、単に、有害物質を無害化するだけでなく、食品関連廃棄物の減容化にもつながり、持続可能な社会の開発（SDGs）に大いに貢献するものと考えられる。また、本研究では、廃シロップを添加したセメント系改良土の強度が増加すること、ならびにその増加メカニズムを明らかにした。こうした検討ならびにその成果は、学術的にも大いに注目されることである。

研究成果の概要（英文）：In this study, uniaxial compression tests and hexavalent chromium elution tests were conducted to clarify the mechanism by which the addition of waste syrup improves the strength of cement-improved soil.

First, the effects of viscosity and the prevention of sugar crystallization of waste syrup on the properties of the improved soil were examined. The results indicated that viscosity was not involved in improving the strength of the improved soil, and that the anti-crystallization effect of the waste syrup was involved in improving the strength of the improved soil.

Next, to understand the hexavalent chromium leaching characteristics of the improved soil, a hexavalent chromium leaching test was conducted. It was found that the waste syrup contained several sugars, which may be responsible for its high reducing ability.

研究分野：環境科学，廃棄物工学

キーワード：廃シロップ 六価クロム 無害化 セメント系改良土 強度増加 廃棄物の減容

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 地盤改良ニーズの増加

近年、地震や豪雨というような自然災害が多発しており、それにもなつて、土構造物と地中構造物・基礎構造物(あわせて地盤構造物)の過大な変形・変位や崩壊、自然斜面・地盤の側方流動・沈下・すべり破壊、河川内の橋梁基礎や河川護岸構造物等の洪水による河床洗掘による過大な変位、崩壊など、様々な地盤災害が発生している。こうした災害を防ぐために、社会基盤施設と住宅・建物といった人工構造物に加え、自然斜面・地盤についても、地震や豪雨に対する耐力(すなわち耐災性)の向上が求められており、耐災性が低い地盤構造物や斜面等については、構造的に強固にするために地盤改良が施されるのが一般的である。

(2) セメント系材料と六価クロム

地盤改良については多くの工法が存在するが、施工実績や使用材料が製品化され入手しやすいという観点から、化学的処理工法である固結工法が多用されている。とりわけ、セメント・石灰系の材料を用いた処理工法の実績は多いが、セメント原料の天然資源には三価クロムが含まれている。三価クロム自体は毒性が無く、かつ安定した物質であることから、毒性の強い六価クロムに変化することはない。しかしながら、セメント製造過程で材料を高温で焼成する際、酸化して不安定な六価クロム化合物が生成される。通常、固化したコンクリートなどから六価クロムが環境基準値を超えて溶出することはないが、地盤改良時にセメント材料を用いると、そのセメント改良土からは基準値を超える六価クロムが溶出する恐れがある。セメント改良土から六価クロムが溶出するメカニズムは、土とセメントを混合し、固化する過程で水和反応によりセメントから溶出した六価クロムが同時に生成する水和物で十分固定できなかった場合に発生し、火山灰質粘性土(アロフェン質黒ボク土など)に代表される水和物阻害が著しい土壌の場合、それが顕著となる。

(3) 六価クロムの無害化とそのコスト

六価クロムを無害化するためには、還元剤等を用い六価クロムを三価クロムに変化させるのが一般的である。六価クロムを三価クロムにする還元剤には、一般的に重亜硫酸ソーダが硫酸第一鉄が用いられる。重亜硫酸ソーダは 2,000 円/L 程度、硫酸第一鉄は 5,000 円/L 程度で、1kg の六価クロムを処理するには、重亜硫酸ソーダの場合で 2~3 倍の量が必要であることから、六価クロムの無害化にはかなりのコストがかかり、さらに、処理施設の場所を確保する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、上述した「問い」を受けて、地盤改良に多用されるセメント系材料に含まれる六価クロムを低コストで無害化すると同時に、土壤汚染の元となるセメントそのものの投入量を減らしつつも必要強度の確保を可能とする手法の開発を目的とする。本研究では、前者の目的を達成するために、糖類の一部(グルコース、フルクトースなど)が還元作用を有すること、かつ、全国の缶詰工場だけでも年間約 30,000 トンのシロップ液が廃棄されていることに着目し、廃シロップを利用して超低コストで六価クロムを無害化することとした。また、第 2 の目的を達成するために、廃シロップを添加した改良土等の強度向上を目指すこととした。

3. 研究の方法

(1) 糖類とセメントの反応

糖類は、一般にポルトランドセメントの凝結時間を遅延させるものとして知られている。この理由として、セメントに一定量を超える糖類が混入した場合、セメント中の石灰や $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ と糖類の反応によって生成される物質が、セメント粒子の表面に被膜を形成することで水和反応が抑制されることが挙げられる。また、糖類を含む液体にさらされ続けることで屋上防水コンクリートが劣化した事例も報告されている。糖類の混入によって、セメントに含まれる CaO や SiO_2 などが溶解することが明らかになっており、これがコンクリート劣化の原因となる。

一方で、適量の使用によってコンクリートの強度を増進させるという報告も存在する。スクロースまたはグルコースを比較的低濃度で添加した場合は、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ の水和反応の速度が大きいことが報告されている。これは、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ と糖類の反応によってセメント粒子の表面に被膜が形成される一方で、形成された被膜の分解反応が併発するためだとされている。そのため、アルミナセメントに対しては糖類の適量添加によって強度が向上すると考えられている。同様な例は、コンクリートに各種飲料を添加した研究でも報告されており、糖成分を含む飲料を添加したコンクリートに関して強度の増加傾向を確認している。

このように、糖類とセメントの反応は、凝結遅延によってコンクリートの強度発生を遅らせる一方で、強度増進に貢献することが報告されている。セメント改良土においてもコンクリートと同様、糖類を適量添加することで強度の増加傾向がみられることから、糖類を有用な材料として扱うことができる可能性がある。そのため、改良土に対する糖類の作用機構について詳細解明す

る必要がある。

(2) 廃シロップが有する結晶析出防止作用と粘性

本研究で使用した廃シロップは、グルコースとフルクトースを主成分とし、その他複数の糖類を含有している。グルコースは、ほかの糖類に比べて溶解度が小さく結晶化作用が大きいため、グルコースが多く含まれている食品においては結晶析出が発生する可能性がある。また、砂糖の溶液は結晶化しやすく、あまり高濃度な水溶液とすることができないことから、実用的には固形分含量として 60~63%が溶液の限度となっている。しかしながら、廃シロップにおいては、固形分含量が 75%であることに加えて、固形分のうち 40%以上をグルコースが占めているにもかかわらず、糖が結晶で析出する現象は確認されていない。結晶が析出しない高濃度の糖溶液を製造する際には、酸や塩基、もしくは酵素によって発生する転化や糖化、異性化といった手法が用いられる。廃シロップの製造においても、これらの手法を用いることで結晶析出を防止していると考えられ、糖の結晶化防止がセメント改良土の強度に関与している可能性がある。そこで本研究では、既往研究によって結晶化防止効果が認められているクエン酸を添加した糖溶液を用いて試験を行うことで、結晶化防止が改良土の特性に与える影響について検証した。

また、増粘作用を有する多糖類を適量添加することで、フレッシュコンクリートの自己充填性が向上することが明らかになっている。廃シロップは粘性を有しているため、その粘性によってセメント改良土の自己充填性が向上したことで、強度が向上している可能性がある。そこで本研究では、多糖類として寒天とグァーガムを用いて糖溶液に粘性を持たせることで、粘性の増加が改良土の強度に与える影響について検証した。寒天は、紅藻類から抽出される中性多糖類で、古来よりゲル状食品として食されているため、日本では羊かんのゲル化剤などに多用されていたが、現在では中性多糖の性質を活かして、ハードヨーグルトのゲル化剤としても頻りに利用されている。グァーガムとは、インド・パキスタンで生育するマメ科の植物の胚乳部分から得られる多糖類で、主鎖同士が水素結合しにくく、常温の水でも簡単に水和できるという性質を有しており、主に増粘剤として利用される。

(3) 試験方法

試験の概要を図 1 に示す。供試体は、日本セメント協会規格の「セメント系固化材による改良体の強さ試験方法 (JCAS L-01:2006)」に準じて作製した。セメントは、土壌 1m³ あたり 100kg を混合し、混合方法はスラリーとした。既往の研究に基づき、土壌の細粒分量と含水比から、水セメント比を 240% に設定した。廃シロップはセメント質量の 0.25% を添加した。糖溶液とクエン酸は質量比 1:1 で混合し、セメント質量の 0.25% もしくは 0.5% を添加した。寒天とグァーガムは水質 0.3% を糖溶液に混合した。糖溶液の溶媒としてグルコースとアロースを用いた。改良土の強度特性を評価するために、土の一軸圧縮試験方法 (JIS A 1216) にしたがって強度試験を、また、Cr⁶⁺ の溶出特性を評価するために、環境告示第 46 号にしたがって溶出試験を実施した。試験手順の詳細を以下に示す。なお、再現性を確保するため、各供試体を 3 体ずつ用意し、試験結果等は平均値を示す。

セメントなどの材料を配合条件に応じて混合する。

試料をφ5cm×h10cm の円筒形型枠に打設する。

3 日後に供試体を脱型し、7 日または 28 日養生する。

一軸圧縮試験を実施する。

圧縮試験後の供試体を 4g 採取し、40mL の蒸留水

を加えた混合物を 6 時間振盪する。

遠心分離を行った後、混合物の上澄みを 25mL 回収し、これを検液とする。

検液中の Cr⁶⁺ 濃度を、ジフェニカルバジド分光測定法によって分析する。

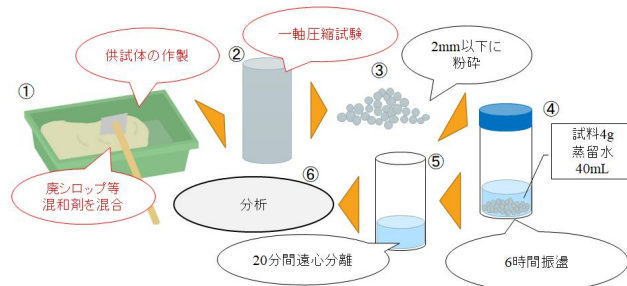


図 1 試験方法

4. 研究成果

(1) 一軸圧縮試験 (寒天)

寒天を混合した糖類を増粘剤として添加した供試体の一軸圧縮試験結果を図 2 に示す。Blank はセメントによる改良を施しているが糖類を添加していない供試体である。縦軸は圧縮強度、横軸は養生日数を示す。試験結果から、寒天を添加したすべての供試体の強度が、廃シロップを添加した供試体の強度よりも低く、寒天のみ、もしくは寒天とグルコースを添加した供試体は Blank とほぼ同じ強度を示している。一方で、寒天とアロースを添加した供試体は、28 日養生後に Blank の強度を上回った。

(2) 一軸圧縮試験 (グァーガム)

グァーガムを混合した糖類を増粘剤として添加した供試体の一軸圧縮試験結果を図 3 に示す。試験結果によると、アロースとグァーガムを添加し、7 日養生した供試体の強度は最も高く、28

日養生後の強度は、廃シロップを添加した供試体の 28 日強度とほぼ同等である。一方で、グアーガムのみ、もしくはグルコースとグアーガムを添加した供試体の強度は、廃シロップを添加した供試体の強度よりも低い。図 2 と図 3 を比較すると、多糖類のみを添加した供試体の強度は Blank と差がないことがわかる。このことから、廃シロップが有している粘性は強度増加に関与していないことが確認された。

(3) 一軸圧縮試験 (クエン酸)

クエン酸を混合した糖類を添加した供試体の一軸圧縮試験結果を図 4 示す。試験結果によると、クエン酸と糖類を添加し、28 日養生したすべての供試体の強度が、Blank の強度よりも高い。特に、クエン酸とアロースの混合液を 0.25% 添加した供試体と、クエン酸とグルコースの混合液を 0.5% 添加した供試体の 28 日強度は、廃シロップを添加した供試体の 28 日強度より高いか、もしくはほぼ同等である。クエン酸の混合によって糖の結晶化が防止されたことで、糖が土壌に均一に浸透し、セメントの水和反応を促進させたことが理由と考えられる。

(4) Cr⁶⁺ 溶出試験 (寒天)

寒天を混合した糖類を用いて作製された供試体の Cr⁶⁺ 溶出試験結果を図 5 に示す。縦軸は検出された Cr⁶⁺ 濃度、横軸は添加した材料を示す。7 日養生の Blank からは土壌環境基準値を超える Cr⁶⁺ が溶出しているが、28 日後には減少する。これは、Cr⁶⁺ が水和生成物によって固定化されたことが理由と考えられる。Cr⁶⁺ 溶出濃度は、廃シロップを添加した場合に最も低いが、これは、廃シロップに含まれる還元糖によって Cr⁶⁺ が Cr³⁺ に還元されたことが理由と考えられる。寒天は多糖類であり、その化学構造内に還元基を有していないため、溶出低減効果は見られなかったと考えられる。

(5) Cr⁶⁺ 溶出試験 (グアーガム)

グアーガムを混合した糖類を用いて作製された供試体の Cr⁶⁺ 溶出試験結果を図 6 に示す。グアーガムは多糖類であり、その化学構造内に還元基を有していないため、Cr⁶⁺ 溶出濃度は比較的高い。一方で、還元糖であるグルコースもしくはアロースを混合した場合は、Cr⁶⁺ 溶出低減効果が認められる。寒天とグアーガムは共に多糖類であるが、単糖類と混合した場合の Cr⁶⁺ 溶出量は大きく異なる。多糖類の添加によって発生する増粘作用やゲル化が単糖類の還元機能に影響を与えている可能性がある。

(6) Cr⁶⁺ 溶出試験 (クエン酸)

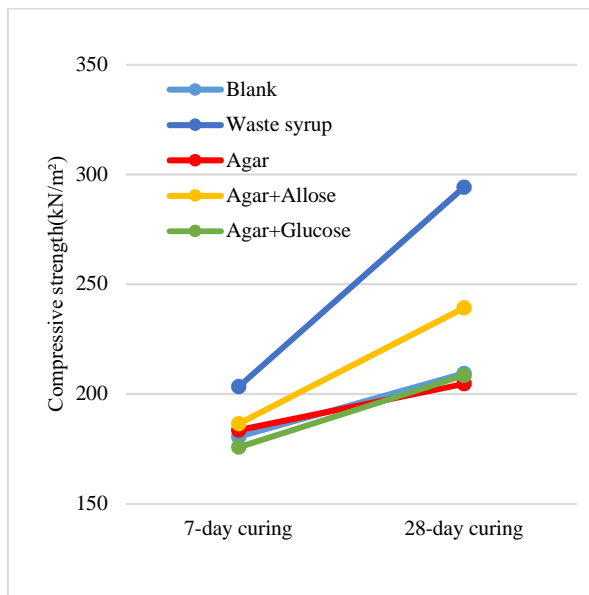


図 2 一軸圧縮試験結果 (寒天)

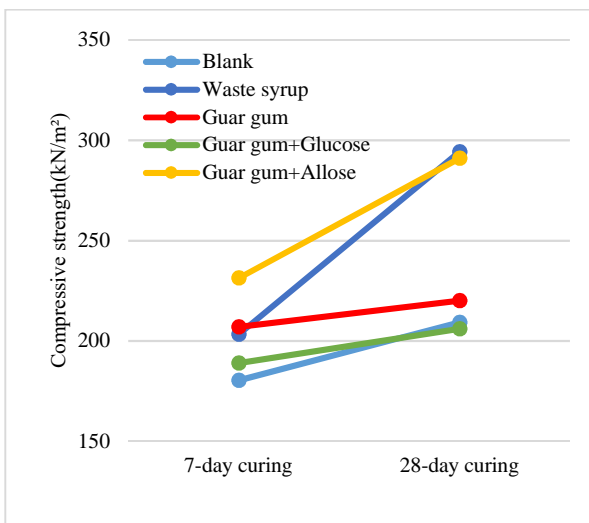


図 3 一軸圧縮試験結果 (グアーガム)

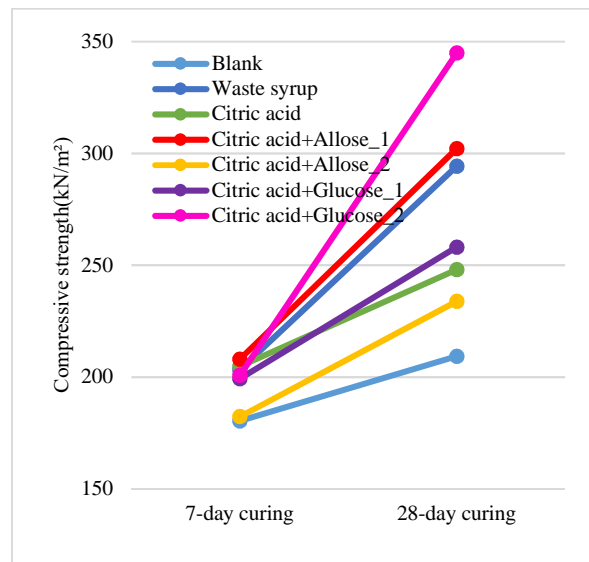


図 4 一軸圧縮試験結果 (クエン酸)

クエン酸を混合した糖類を用いて作製された供試体の溶出試験結果を図7に示す。単糖類を添加した供試体の Cr^{6+} 溶出量は比較的低い。しかしながら、廃シロップと同程度の溶出低減効果は確認できなかった。廃シロップには複数種類の糖類が含まれており、それらの複合的な効果によって高い還元性を示している可能性がある。今後は、複数種類の糖を混合した場合の溶出低減効果を検証する必要がある。

(7) まとめ

本研究では、廃シロップの添加によるセメント改良土の強度向上のメカニズムを明らかにすることを目的として一軸圧縮試験および Cr^{6+} 溶出試験を実施した。廃シロップが有する粘性と糖の結晶析出防止作用が改良土の特性に与える影響を検証するために、増粘多糖類として寒天もしくはグァーガム、結晶析出防止作用を有するクエン酸をそれぞれ混合した糖溶液を用いて試験を行った。

はじめに、粘性と結晶析出防止作用が改良土の強度特性におよぼす影響を検証するために、一軸圧縮試験を行った。試験結果から、寒天を添加した供試体の強度は廃シロップを添加した供試体の強度を下回った。また、グァーガムとアロースを添加した場合、廃シロップを添加した供試体の28日強度と同等の強度が得られることが確認された。その一方で、グァーガムとのみ、もしくはグァーガムとグルコースを添加した供試体の強度は廃シロップを添加した供試体の強度より低くなった。これらの試験結果から、多糖類の添加が改良土の強度に与える影響は小さく、廃シロップが有する粘性は改良土の強度向上に関与していないことが判明した。クエン酸と糖類を添加したすべての供試体の強度が、Blankの強度よりも高くなった。特に、クエン酸とアロースの混合液を0.25%添加した供試体と、クエン酸とグルコースの混合液を0.5%添加した供試体の28日強度は、廃シロップを添加した供試体の28日強度より高くなるか、もしくはほぼ同等となることがわかった。このことから、廃シロップが有する結晶化防止作用が、改良土の強度増進に関与していることが示唆された。

次に、改良土の Cr^{6+} 溶出特性を把握するために、 Cr^{6+} 溶出試験を行った。寒天のみ、もしくは寒天と単糖類を添加した供試体からは比較的高濃度の Cr^{6+} が検出された。一方で、グァーガムと単糖類を添加した供試体では溶出低減効果が確認できた。多糖類の添加によって発生する増粘作用やゲル化が単糖類の還元機能に影響を与えている可能性がある。また、クエン酸と単糖類を添加した供試体の Cr^{6+} 溶出量は比較的低くなった。しかしながら、いずれも廃シロップと同程度の Cr^{6+} 溶出低減効果は得られなかった。廃シロップには複数の糖類が含まれており、それらの複合的な効果によって高い還元性を示している可能性がある。そのため、今後は複数の糖類を混合して試験を実施する必要がある。

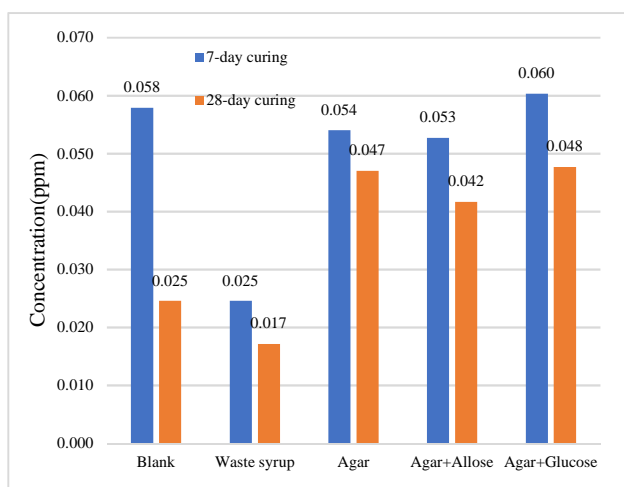


図5 Cr^{6+} 溶出試験結果 (寒天)

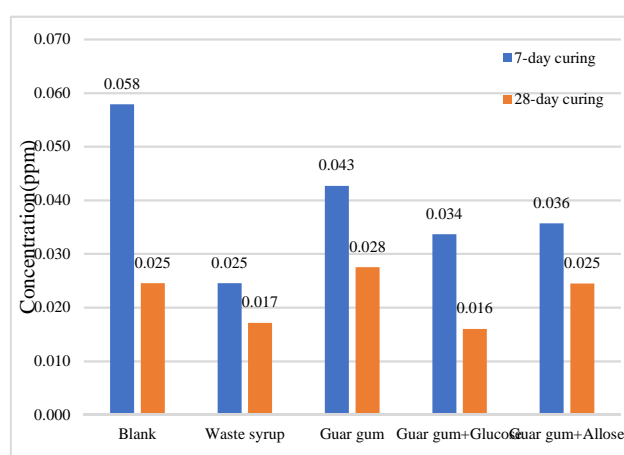


図6 Cr^{6+} 溶出試験結果 (グァーガム)

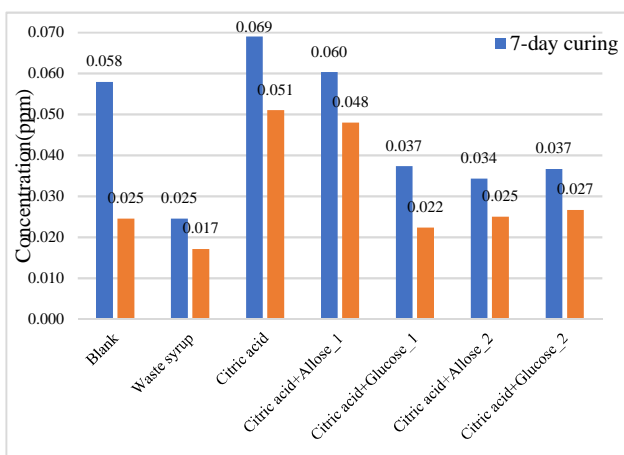


図7 Cr^{6+} 溶出試験結果 (クエン酸)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamaya, K , Oyake, Y , Suenaga, Y , Yoshida, H	4. 巻 22
2. 論文標題 STUDY ON PHYSICAL PROPERTIES AND GRASS GROWTH CAPACITY OF POROUS CONCRETE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 8-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2022.91.7553	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yanaka, A, Takeshita, Y, Shibata, K, Suenaga, Y, Yoshida, H	4. 巻 22
2. 論文標題 ADSORPTION PROPERTIES OF MATERIALS ADSORBING SELECTIVELY ARSENIC FROM AQUEOUS SOLUTIONS CONTAINING MULTIPLE CHEMICAL SPECIES	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 79-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2022.90.gxi383	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yanaka, A, Shibata, K, Naomich, M, Yoshida, H	4. 巻 20
2. 論文標題 STUDY ON REMOVAL OF CESIUM FROM CONTAMINATED SOIL BY ELECTROPHORESIS USING POTASSIUM ACETATE AS ELECTROLYTE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 16-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2021.81.6222	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山谷健介, 柴田慶一郎, 松本直通, 岡崎慎一郎, 吉田秀典	4. 巻 12
2. 論文標題 廃シロップ添加によるセメント改良土の強度向上に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第12回地盤改良シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 239-244
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keiichiro Shibata, Kensuke Yamaya, Hidenori Yoshida, Yoshihiro Suenaga, Shinichiro Okazaki, Naomichi Matsumoto	4. 巻 18
2. 論文標題 STUDY ON ELUTION REDUCTION OF HEXAVALENT CHROMIUM FROM RECYCLED BASE COURSE MATERIAL USING WASTE SYRUP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 149-154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2020.70.5597	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shibata Keiichiro, Yamaya Kensuke, Yoshida Hidenori, Suenaga Yoshihiro, Okazaki Shinichiro, Matsumoto Naomichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Study on reduction of hexavalent chromium elution from cement-improved soil	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Geotechnical Society Special Publication	6. 最初と最後の頁 130 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3208/jgssp.v08.j42	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 谷中彩寧, 上野沢斗, 松本直通, 吉田秀典
2. 発表標題 重金属吸着初殻の再資源化に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山谷健介, 吉田秀典, 松本直通, 末永慶寛, 小宅由似, 久保祐輔
2. 発表標題 ポーラスコンクリートの物性ならびに植物生育能力に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷中彩寧, 吉田秀典, 末永慶寛
2. 発表標題 複数の化学種を混入した溶液からのヒ素の選択的吸着特性に関する研究
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山谷健介, 吉田秀典, 松本直通, 岡崎慎一郎
2. 発表標題 木質バイオマス燃焼灰に含まれる六価クロム無害化に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会四国支部第27回技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野沢斗, 谷中彩寧, 岡崎慎一郎, 吉田秀典
2. 発表標題 重金属吸着珪灰を混合したコンクリートの性状ならびに重金属溶出特性に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会四国支部第27回技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayane Yanaka, Yuri Takeshita, Keiichiro Shibata, Yoshihiro Suenaga and Hidenori Yoshida
2. 発表標題 Adsorption Properties of Materials Adsorbing Selectively Arsenic from Aqueous Solutions Containing Multiple Chemical Species
3. 学会等名 11th International Conference - GEOMATE 2021 Geotechnique, Construction Materials and Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayane Yanaka, Takuto Ueno, Shinichiro Okazaki, Naomichi Matsumoto, Hidenori Yoshida
2. 発表標題 Study on Properties of Concrete Mixed with Rice Husk Ash Adsorbing Heavy Metals
3. 学会等名 7th International Conference - SEE 2021 (Structure, Engineering & Environment) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kensuke Yamaya, Yui Oyake, Yoshihiro Suenaga, and Hidenori Yoshida
2. 発表標題 Study on Physical Properties and Grass Growth Capacity of Porous Concrete
3. 学会等名 7th International Conference - SEE 2021 (Structure, Engineering & Environment) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山谷健介, 吉田秀典, 松本直通, 末永慶寛, 柴田慶一郎
2. 発表標題 セメント改良土からの六価クロム溶出低減に関する研究
3. 学会等名 令和2年度土木学会四国支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 六価クロム無害化剤, 及び六価クロムを含有する被処理物質の無害化処理方法	発明者 吉田秀典, 何森健, 岡崎慎一郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-060526	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------